



Facultad de Ingeniería
Ingeniería de Seguridad Industrial y Minera

Trabajo de investigación:

**“Determinación de la relación entre la
concentración de mercurio en sangre y el daño
genotóxico ocasionado por la exposición en los
trabajadores de la actividad de recuperación del
oro en Cumbresas, Cusco – 2019.”**

Vanesa Sebastiana Ochoa Machaca

Para optar el Grado Académico de Bachiller en
Ingeniería de Seguridad Industrial y Minera

Arequipa - Perú
2020

DEDICATORIA

Dedico el trabajo de investigación a mi núcleo familiar, familia Ochoa, por su continuo apoyo durante el desenvolvimiento como universitaria.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a mi núcleo familiar por el apoyo brindado para lograr mi propósito proyectado. Quedo agradecida con la plana docente por permitirme llevar a cabo la presente investigación bajo sus recomendaciones

RESUMEN

El uso de mercurio en minería informal para la actividad de recuperación de oro aumento en los últimos años conllevado a que sea designada las más dañinas para la salud de la población. La finalidad es determinar la relación entre la concentración de mercurio en sangre y el daño genotóxico ocasionado por la exposición en los trabajadores de la actividad de recuperación del oro en Cuzco. El estudio se realizó en setiembre del 2019, siendo 2 trabajadores, los cuales cumplieron con los criterios de inclusión por tiempo de labor en minería (5 horas) y el tiempo de exposición al día en la actividad de recuperación de oro (5 horas diarias)

El daño genotóxico se determinó mediante los niveles de mercurio total mediante espectrofotometría de absorción atómica, en tanto el análisis de genotoxicidad se determinó mediante la técnica de tinción de Wright donde se identificaron la presencia de micronúcleos cuyos resultados de la cuantificación de mercurio en sangre fue que el 100% de la muestra estudiada lo que representa a 2 mineros tienen niveles elevados de mercurio en la sangre, encontrándose una concentración mínima de 12.70 µg/l y como máxima 12.60 µg/l, superando el 11.0 µg/l, el cual es el nivel normal de mercurio en sangre

Con la determinación de este resultado nos indica que al estar expuestos al mercurio se encuentran concentraciones altas en las células sanguíneas, sabiendo que el mercurio y

sus derivados son verdaderamente contaminantes para el medio ambiente con un impacto negativo sobre la salud humana. Se concluyó que, existe relación entre la concentración del mercurio y daño genotóxico ya que los trabajadores expuestos a la recuperación de oro con utilización y exposición al mercurio presentan concentraciones que ocasionan daños genotóxicos.

Palabras clave: Mercurio, genotoxicidad, minería Cumbreiras.

ABSTRAC

Objectives to determine the relationship between blood mercury concentration and genotoxic damage caused by exposure of workers to gold recovery activity. Cross-sectional observational study that evaluated workers exposed to mercury (n=2), whose cells were collected by means of blood samples, microscopic observance, micronucleus count and other nuclear alterations. Genotoxic damage was determined by total mercury levels by atomic absorption spectrophotometry, while genotoxicity analysis was determined by Wright's staining technique where the presence of micronuclei was identified. The results of the blood mercury quantification were that 100% of the studied sample representing 2 miners have elevated blood mercury levels, with a minimum concentration of 12.70 µg/l and a maximum of 12.60 µg/l, exceeding 11.0 µg/l, which is the normal blood mercury level.

The determination of this result indicates that when exposed to mercury are high concentrations in blood cells, knowing that mercury and its derivatives are truly pollutants to the environment with a negative impact on human health. It was concluded that there is a relationship between mercury concentration and genotoxic damage since workers exposed to gold recovery with use and exposure to mercury present concentrations that cause genotoxic damage.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRAC.....	vi
INDICE	vii
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES	1
1.1. Descripción del problema	1
1.1.1. Pregunta principal de investigación	2
1.1.2. Preguntas secundarias de investigación.....	2
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Hipótesis	3
1.4. Justificación e importancia	3
1.4.1. Social.....	3
1.4.2. Técnica.....	4
1.4.3. Económica:.....	4
1.5. Alcance y limitaciones	4
1.5.1. Alcance.....	4
1.5.2. Limitaciones.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1. Marco teórico	5
2.1.1. Minería informal e ilegal.....	5
2.1.2. Actividad minera	5
2.1.3. Impactos negativos de la minería	6
2.1.4. Contaminación por mercurio en la minería artesanal	6
2.2. Mercurio	7
2.2.1. Estados del mercurio	7
2.2.2. Tóxico cinético del mercurio	8
2.2.3. Transporte y distribución.....	10

2.2.4.	Eliminación	12
2.2.5.	Toxicidad del mercurio.....	12
2.2.5.1.	Intoxicaciones agudas.....	12
2.2.5.2.	Intoxicaciones crónicas	12
2.3.	Genética toxicológica	13
2.4.	Genotoxicidad de Biomarcadores.....	13
2.5.	Ensayo de micro núcleo	14
CAPITULO 3.....		16
ESTADOS DEL ARTE		16
3.1.	Daño genotóxico por mercurio.	16
3.2.	Contaminación por mercurio	16
3.3.	Exposición al mercurio	17
3.4.	Mercurio en agua y sedimentos	17
3.5.	Manifestación clínica con intoxicación crónica con mercurio	18
3.6.	Determinación de Hg en orina.....	18
3.7.	Determinación de Hg en sangre.....	19
3.8.	Exposición a mercurio de mujeres y niños	19
3.9.	Plan estratégico de ciencias, tecnología e innovación.....	20
3.10.	Evaluación de las emisiones de vapor mercurial	20
3.11.	Genotoxicidad en trabajadores de minería artesanal	21
3.12.	Riesgo ocupacional al mercurio.....	21
3.13.	Impacto de las fuentes hídricas	22
3.14.	Irregularidad menstrual y exposición a mercurio.....	22
3.15.	Mortalidad por enfermedades genitourinarias	23
3.16.	Determinación de mercurio.....	23
3.17.	Efectos genotóxicos.....	24
3.18.	Genotoxicidad de metales pesados	24
3.19.	Repercusiones en la salud por el mercurio	25
CAPITULO 4.....		26
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN		26
4.1.	Metodología de la investigación	26
4.1.1.	Tipo de Investigación.....	26
4.1.2.	Nivel de Investigación.....	26
4.1.3.	Diseño de la Investigación	26
4.2.	Descripción de la investigación	26
4.3.	Estudio de caso.....	28
4.4.	Unidad de análisis	28
4.4.1.	Población.....	28

4.4.2. Muestra	28
4.5. Instrumentos de investigación	28
4.5.1. Fichas laborales	28
4.6. Técnicas de investigación	29
4.6.1. Determinación de mercurio en células sanguíneas.....	29
4.6.2. Determinación de mercurio por espectrometría de absorción atómica.....	29
4.6.3. Test de evaluación de micronúcleos y anormalidades nucleares en células sanguíneas.....	30
4.6.4. Precauciones de seguridad	30
4.7. Operacionalización de variables e indicadores.....	31
CAPITULO 5.....	32
PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	32
5.1. Diagnostico situacional actual	32
a. Edad de los trabajadores que laboran en minería cumbreras	32
5.2. Determinación de la concentración de mercurio.....	37
5.2.1. Análisis del resultado de laboratorio	37
5.2.2. Discusión de la determinación de la concentración de mercurio	40
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES:	44
ANEXOS.....	45
ANEXO N° 1: PANEL FOTOGRAFICO	45
ANEXO N° 2: Cuestionario llenado por uno de los trabajadores mineros.....	46
ANEXO N° 3: Resultados de laboratorio	48
BIBLIOGRAFÍA.....	52

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1 distribución del mercurio.....	11
Tabla N° 2 vida media del mercurio	11
Tabla N° 3: Criterios para seleccionar células con presencia de micro núcleos	15
Tabla N° 4: edad de los trabajadores	32
Tabla N° 5: Área de trabajo.....	33
Tabla N° 6: Tiempo de trabajo en minería	34
Tabla N° 7: Horas al día exposición	35

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1 : Modelo toxicocinético del mercurio inorgánico	10
Figura N° 2: Formación de micronúcleos	14
Figura N° 3: edad de los trabajadores.....	33
Figura N° 4: Área de trabajo.....	34
Figura N° 5 Tiempo de trabajo en Minería.....	35
Figura N° 6: Horas al día exposición	36
Figura N° 7: de Uso de equipo protección personal	37

INTRODUCCIÓN

La crisis económica en nuestro país y la búsqueda de empleos por cuenta propia para encontrar un puesto laboral, además el abandono de las zonas alto andinas por la presencia de violencia y la inoportuna ejecución de la Transformación Agrícola que hace que los cultivadores busquen diferentes trabajos.

La minería informal se desarrolla especialmente en los países en desarrollo como el Perú, en el cual usan gran cantidad de mercurio (Hg) para la obtención de oro. En la minería informal utilizan la amalgamación del oro como una actividad para su extracción y separación de las rocas que lo conforman. Este proceso es ejecutado utilizando mercurio, y de esta forma va formando aleaciones con otros metales, como el oro, y de esta forma se logra extraer del material rocoso.

El uso excesivo e inapropiado de Hg en este proceso crea la manufactura de numerosas disminuciones, de dos maneras una de vapor de agua y otra de Hg elemental y como compuesto inorgánico que sucede cuando se da la división del oro con el mercurio. El impacto al ambiente y la salud no son considerados por los habitantes de las mineras que ignoran y hacen caso omiso a los daños irreversibles que ocasiona un manejo inadecuado de Hg.

Para los trabajadores la exposición a mercurio no es limitada, esta es llevada hasta sus hogares, debido a que en varias situaciones los trabajadores de mina y los negociantes destilan y realizan a fuego abierto el proceso de amalgamación, en los patios de sus viviendas y manejando en contacto directo el Hg metálico, sin el uso de protección, en la realización de las distintas actividades del proceso y ponen en riesgo su vida al estar expuestos mediante inhalación, vía oral, contacto directo con la piel y adherencia a la ropa.

Es en el transcurso de amalgamación donde aumenta la inhalación de gases de mercurio, que se unen al organismo debido a diferentes vías ya sea respiratoria que ocasiona efectos neurotóxicos, nefrotóxicos y genotóxicos sobre los tejidos epiteliales.

El Hg es conocido y estimado como causante de efectos carcinógenos. El nivel de exposición biológica al Hg se establece conforme la OMS, al encontrar concentraciones similares o superiores a 11.0 µg/ L en células sanguíneas y 50 µg en orina concentrada de 24 h.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. Descripción del problema

En nuestro país, el aumento de la minería informal comenzó en la década de los 70 – 80 con la crisis de las empresas mineras de oro, lo cual genera que muchos empresarios se alejen de la producción formal. Ello produjo la consecuencia del desinterés de los lugares mineros, las que se explotan de manera informal, quienes tradicionalmente empezaron a ubicarse y establecerse en estos lugares por diferentes motivos.

La minería informal en el sector minero aurífero del Perú forma un 8% del total de producción anual de oro del Perú, utilizando para su extracción el mercurio. Sin embargo, algunos países han terminantemente prohibido el uso del mercurio, mientras que otros países han propuesto impuestos altos para minimizar el uso del mercurio; el resultado no ha sido nada más que subir el precio al mercurio 5 veces más y poner en riesgo la vida de muchos pobladores que dependen de esta actividad, además que contamina el ambiente con más de 800 Toneladas/año de uso del mercurio.

La minería informal implica aproximadamente a 70 mil trabajadores, los cuales obedecen 410 mil personas y alrededor de 40 mil familias peruanas que encontraron esta opción como una forma que ayuda a luchar contra el desempleo

Sin embargo, estas actividades conllevan muchos problemas de salud ocupacional de los pobladores y trabajadores y la población debido a que la improvisación de campamentos se ha transformado en lugares muy desarreglados y sin servicios elementales lo cual pone en alto riesgo la salud de la población. Así mismo se genera contaminación al ambiente ocasionada por esta actividad.

El mercurio (Hg) hoy en día es un contaminante de importancia mundial. Es un tóxico ambiental importante con gran impacto negativo sobre la salud humana, porque ocasiona daños irreversibles en el SNC, mayormente en las etapas de alta vulnerabilidad. El Hg es usado al separar el oro y la arenilla sacada del socavón. En este proceso los trabajadores mineros usan quimbaletes así es como logran triturar la arenilla el cual es mezclado con el mercurio líquido, usualmente es manejado sin los equipos de protección personal, esto aumenta la aspiración a vapores de mercurio, que ingresan al organismo especialmente por vía respiratoria.

1.1.1. Pregunta principal de investigación

¿Estará relacionado la concentración de mercurio en sangre y el daño genotóxico ocasionado por la exposición de los trabajadores al mercurio en el proceso de recuperación del oro?

1.1.2. Preguntas secundarias de investigación

- a) ¿Cuáles serán las condiciones actuales de trabajo en la actividad de recuperación de oro en la minera informal Cumbrebras, Cuzco – 2019?
- b) ¿Cuáles serán los niveles de concentración de mercurio en sangre de los trabajadores expuestos al mercurio en la actividad de recuperación del oro en la minera informal Cumbrebras, Cuzco – 2019?
- c) ¿Cuál será el daño genotóxico en las células sanguíneas expuestas al mercurio en la actividad de recuperación del oro en la minera informal Cumbrebras, Cuzco – 2019?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la relación entre la concentración de mercurio en sangre y el daño genotóxico ocasionado por la exposición de los trabajadores en la actividad de recuperación del oro en la minera informal Cumbreras, Cuzco – 2019.

1.2.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar las condiciones actuales de trabajo en la actividad de recuperación de oro en la minera informal Cumbreras, Cuzco – 2019.
- Evaluar el nivel de concentración de mercurio en sangre de los trabajadores expuestos al mercurio en la actividad de recuperación del oro en la minera informal Cumbreras, Cuzco – 2019.
- Determinar el daño genotóxico en las células sanguíneas mediante la identificación de micronúcleos en hematíes de los trabajadores expuestos al mercurio en la actividad de recuperación del oro en la minera informal Cumbreras, Cuzco – 2019.

1.3. Hipótesis

Existe relación entre la concentración de mercurio en sangre y el daño genotóxico ocasionado ante la exposición de los trabajadores al mercurio en la actividad de recuperación del oro en la minera informal Cumbreras.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Social

Con este estudio se pretende incrementar el conocimiento sobre las consecuencias irreversibles que se produce ante a la exposición prolongada al mercurio en la extracción de oro.

1.4.2. Técnica

Esta investigación es muy importante para la salud pública, entre ella se encuentra la salud ocupacional, porque se pretende conocer la situación actual a la que se encuentra expuesta los trabajadores al mercurio que se utiliza para la actividad de recuperación de oro.

1.4.3. Económica:

El socio de la minera informal mejorara el uso de sus recursos al comprar y exigir el uso de equipos de protección personal y el uso de métodos ecológicos como el bórax para la extracción del oro, de esta manera el trabajador incrementara la producción.

Es por ello que esté presente trabajo de investigación determinará la relación entre la concentración de mercurio en sangre y el daño genotóxico ocasionado por la exposición de los trabajadores al mercurio en el proceso de recuperación del oro en la minera informal Cumbreñas, Cuzco – 2019.

1.5. Alcance y limitaciones

1.5.1. Alcance

El presente trabajo de investigación, tiene como alcance en la minería informal Cumbreñas de la provincia de Ocongate del departamento de Cusco.

1.5.2. Limitaciones

La inexistencia de bibliografía de investigaciones realizadas con anterioridad de genotoxicidad en mineros informales.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Minería informal e ilegal

Hoy en día la informalidad es un problema grave de estado público, la cual dificulta la capacidad del gobierno para apoderarse de los recursos naturales y funcionales en desarrollo [1]; además, la minería informal e ilegal no protege el cuidado del ser humano, ni brinda la seguridad, omite los pagos de impuestos, no cuenta con tecnologías limpias ni óptimas de extracción, mitigación y bioremediación [2]; es por ello que percibe un enfoque con 2 componentes generales: primero, una actividad minera en menor escala de forma tradicional y artesanal, y segundo con una actividad minera formalizada y de gran escala, hoy por hoy, la minería es una de las actividades de origen antrópico que causa grandes impactos sobre los recursos naturales del Perú. [3]

2.1.2. Actividad minera

Las diferentes formas de explotación minera forman un origen de contaminación y alteración, que puede alcanzar grados muy relevantes, los cuales dependen de las técnicas, maquinarias, minerales, magnitud y acceso de los relaves o materias estériles, causando alteraciones al agua, aire y suelo, por apartado de

manera compuesta [4]; asimismo existe varios componentes que influyen en el progreso u obstrucción de la minería del oro en un país, desde sus propiedades geológicas y metalogenéticas (riqueza esencial de la fuente de producción), hasta su consistencia política y social [5].

2.1.3. Impactos negativos de la minería

Dentro de los efectos negativos de la ocupación minera se encuentra la aportación al calentamiento global, eliminación de compuestos tóxicos como cianuro o metal pesado formados durante la actividad o después del término del lixiviado, pérdida de la biodiversidad, pérdida, modificación y desintegración de medios oriundos, empobrecimiento de recursos no renovables, daño de la capa vegetal y al suelo perjuicios en la salud de los obreros mineros [6]

De igual forma, el impacto ambiental y sanitario, es el inapropiado manejo de los residuos del proceso, los cuales son depositados al aire libre sin tener un previo tratamiento y como están cerca de las fuentes de agua generan emisiones tóxicas al agua, al aire y al suelo). Los residuos sólidos contienen gran cantidad de material ácido así como metales pesados, así también los relaves mineros contienen grandes cantidades de metales pesados, material ácido y compuestos químicos de proceso, lo que provoca la muerte a la fauna y flora silvestre acuática, los cuales también son altamente tóxicos para la salud humana. [7]

2.1.4. Contaminación por mercurio en la minería artesanal

La polución de los organismos de agua subterránea y superficial, suelos y el aire son producto del inapropiado uso de mercurio en amalgamar el oro. Durante el proceso de quimbaleta, apartamiento del oro, lo que se acumula en los relaves, contiene no solo mercurio, así también oro y es en este proceso donde nuevamente, los trabajadores agregan más mercurio, pues

el mercurio, no puede ser reciclado, ya que su poder de amalgamación es limitante. De igual forma, al depositar contenidos de mercurio sobre el suelo, este se puede combinar con la evaporación del agua es por ello que existe traslado hacia otros lugares por los vientos que lo llevan de un lugar a otro esto explica por qué la presencia contaminante del mercurio en zonas alejadas de las fuentes de exposición. [8]

2.2. Mercurio

Metal blanco plateado muy tóxico, su símbolo es (Hg) en estado líquido a 0°C, con alta densidad; de débil reacción calorífica, tensión superficial elevada y tiene la gran competencia de amalgamar a casi todos los metales. Siendo innecesario para algún proceso biológico, pero se almacena en la mayoría de seres vivos. Llega a evaporarse a 13°C y encontramos huellas de él en cualquier objeto que se analice. [9].

2.2.1.Estados del mercurio

a) Hg elemental:

Llamado como mercurio metálico o azogue. Caracterizado por su brillantez. El mercurio se evapora lentamente, si no es aislado, formando un vapor. Cuando aumenta la temperatura se incrementa La cantidad de vapor

b) Compuestos inorgánicos de mercurio o sales de mercurio:

Los compuestos inorgánicos constituyen al mezclar el mercurio con diferentes elementos al carbono, es el caso del azufre, cloro y oxígeno. Es más habitual encontrarlo en la naturaleza.

El cloruro de mercurio forma vapor, este permanece en el aire en un espacio más breve que el mercurio elemental.

c) Mercurio orgánico:

También llamados órganos mercuriales. Se componen al mezclar el carbono con el mercurio y distintos elementos incorporados por enlaces covalentes.

La forma más habitual se presenta en la naturaleza es el metilmercurio, casi todos los tipos de metilmercurio sólidos blancos y cristalinos.

La utilización que más estacan del Mercurio elemental, es:

- ✓ Para sacar Ag y Au de las mineras
- ✓ Termómetros
- ✓ Cortacorriente electrónicos y eléctricos
- ✓ Bombillas fluorescentes
- ✓ Para uso dental a través de las amalgamas [10]

2.2.2. Tóxico cinético del mercurio

El mercurio al llegar al cuerpo ingresa por las vías respiratoria, digestiva y cutánea es por inhalación que ingresa a la vía respiratoria. En medicina ocupacional es la más significativa, y así como el mercurio inorgánico como elementa y sus componentes, consigue entrar por inhalación y llegar a la sangre con una eficacia del 80.0%.

La vía digestiva es mediante la digestión. En el tracto gastrointestinal, el mercurio inorgánico se absorbe en cantidad menor al 0,01%, probablemente por su incapacidad de reacción con moléculas biológicamente importantes, al formar macromoléculas que dificultan su absorción y porque pasa por un proceso de oxidación. Los compuestos inorgánicos de mercurio (sales) se absorben entre 2 y 15%, dependiendo de su solubilidad.

Mientras que, en contraste, la absorción de los compuestos orgánicos por esta vía es 95%, independiente de si el radical metilo está unido a una proteína o no.

Es por contacto que entra a la vía cutánea. [11].

La biotransformación del mercurio se da por las siguientes vías.

- a) Mediante oxidación del vapor de mercurio metálico a mercurio divalente:

La oxidación, mediada por el hidrógeno peróxido-catalasa en los

peroxisomas, determina el tiempo de permanencia del vapor inhalado, al bajar toxicidad y liposolubilidad, la bioacumulación incrementa cuando la oxidación se realiza en los tejidos

- b) Mediante el cambio del metilmercurio a mercurio inorgánico. Por la existencia de exposición laboral crónica se da el proceso de biodesmetilación en diferentes tejidos, peores en el hígado donde se da en mayor proporción. [12]

Con respecto al modelo toxicocinético de eliminación, la eliminación del tóxico se da desde los compartimientos periférico, central, y 'cuarto compartimiento.

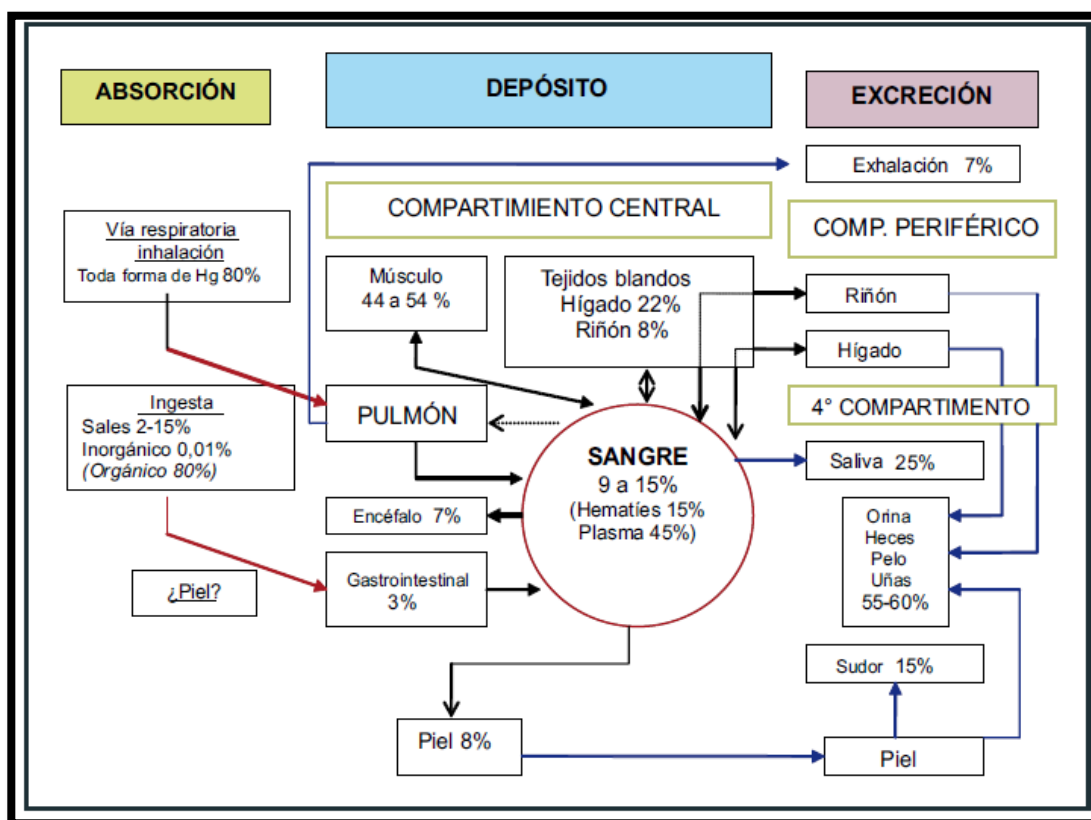
En el compartimento periférico están los procesos de secreción mucosa intestinal filtración glomerular, secreción biliar.

El de compartimento es el depósito acabando así su secreción a través de las uñas heces y orina. [13]

Al considerar al organismo humano un patrón mono-compartimental abierto, la vida media del mercurio en exposición aguda es de 1,3 días en el caso de exposición continua, 36 días. En exposición ocupacional, la vida media de los compuestos inorgánicos de mercurio es de 40 días.

La excreción de mercurio por vía renal/heces es entre 50 y 55% de la dosis general absorbida; a través de la saliva equivale al 25% de la concentración sanguínea por sudor es 15%, y al 10% de la urinaria. [14]

Figura N° 1 : Modelo toxicocinético del mercurio inorgánico [15]



Fuente: Augusto V. Ramírez

2.2.3. Transporte y distribución

Realizada la absorción, el envío se da por los desiguales componentes de la sangre. En cuanto al vapor de mercurio la correspondencia de glóbulos rojos/plasma se da entre 1,5 – 2 alrededor, valorándose en las 2 iniciales días de la exposición [16].

De manera que se puede entender que, el 90.0% de los compuestos orgánicos se vehiculan en las células rojas. Un 50.0% de mercurio inorgánico es transportado por el plasma a la albúmina.

Alcanza un estado de equilibrio en el cuerpo dado por componentes como:

- Cantidad
- Tiempo de exposición
- Nivel de oxidación de Hg

- d) Acumulación de compuestos de Hg en los diferentes sectores sanguíneos.
- f) Semejanza de las unidades celulares y Hg.
- g) Rapidez de agrupación y des agrupación del complejo Hg-proteína. [17]

Los gases de mercurio muestran mayor inclinación hacia el cerebro. [18]

Una investigación elaborada sobre el repartimiento del mercurio elemental en el sistema

nervioso central en roedores, difundió que hay una alta concentración de la componente gris mayor que la blanca.

Se considera que el contenido estándar de mercurio en el cuerpo humano fluctúa entre 1 – 13 mg y que el metilmercurio presume el 10% del contenido total. La repartición del contenido físico de mercurio se muestra en la tabla siguiente: [19]

COMPARTIMENTO	MERCURIO TOTAL	METILMERCURIO
Musculo	44%	54%
Hígado	22%	19%
Riñón	9%	-
Sangre	9%	15%
Piel	8%	-
Cerebro	4%	7%
Intestino	-	3%

Tabla N° 1 distribución del mercurio

COMPUESTO MERCURIO	VIDA MEDIA BIOLÓGICA ORGANISMO EN CONJUNTO	VIDA MEDIA BIOLÓGICA EN ÓRGANOS Y TEJIDOS
Mercurio inorgánico	Mujeres: 29 a 41 días Media : 37 días ----- Hombres: 32 a 60 días Media: 48 días	Sangre: 20 a 28 días
Mercurio elemental	35 a 90 días Media: 60 días	Pulmón: 1,7 días Riñón: 64 días Cerebro > 1 año
Metilmercurio	110 a 190 días Media: 120 días	Sangre: 70 días Cerebro: 240 días

Tabla N° 2 vida media del mercurio

2.2.4. Eliminación

La eliminación del mercurio se da a través de la eliminación de la orina y en pequeñas cantidades en las heces, las cuales se localizan en parte del colon, saliva, por bilis y jugos gástricos e intestinales.

El proceso de eliminación comienza después de ser, donde existe una mayor retención de mercurio es en el tejido renal retiene mercurio en gran concentración, su almacenamiento muestra la severidad de la exposición.

La vida media del Hg es de alrededor de 2 meses. [20]

El paso por la vesícula biliar se producen cambios en la distribución del metilmercurio; las sales mercuriales que llegan al intestino son liposolubles por lo cual se pueden reabsorber creando ciclos enterohepáticos. [21]

2.2.5. Toxicidad del mercurio

El Hg por ser un metal pesado es muy toxico en el individuo dependiendo de los niveles de concentración así como la exposición excreción la metabolización y absorción que obedece principalmente, de las enlace de cantidad-consecuencia y cantidad-contestación se establecerá si la intoxicación es perspicaz o endémico. [22]

2.2.5.1. Intoxicaciones agudas

El Hg presente en nuestro cuerpo presenta a través de nauseas, repeluzno, sabor metálico, tos, diarrea, y tensión torácica. Es suficiente una exposición corta al vapor de mercurio para originar los síntomas en escasas horas.

2.2.5.2. Intoxicaciones crónicas

El mercurio, ocasiona daños neurológicos y síndrome vegetativo asténico, la cual tiene como efectos: temblores, pérdida de memoria, gingivitis, incremento de tamaño de la glándula tiroides, taquicardia, irritabilidad y salivación intensa. Estas secuelas son cambiables. También se debe recalcar que cuadros clínicos indican una buena recuperación.

El más tóxico es el mercurio orgánico; se acumula en los hematíes y el SNC. Gran parte se excreta lentamente en las heces con una semivida de 70 días. Mientras que un 10% se excreta en la orina; los niveles en orina pueden ser normales, incluso en caso de exposición significativa. El fenil y el metoxietilmercurio son menos tóxicos y muestran niveles más altos en orina. [23]

2.3. Genética toxicológica

La genotoxicidad consigue provocar resultados transcendentales e inalterables sobre la salud del ser humano. El perjuicio genotóxico es una entrada crítica al del cáncer y pudiendo interponerse en defectos de origen y mortalidad. [24]

Si bien el gran parte del efecto que se da el material genético puede ser restaurado de forma eficaz por una compleja maquinaria enzimática de reparación, parte de esta maquinaria escapa a este proceso y es donde aparecen procesos carcinogénicos.

Existe una definida interrelación entre la afectación a la salud y el daño en el ADN involucrando así la vida. [25]

2.4. Genotoxicidad de Biomarcadores

Los biomarcadores son los eventos moleculares o celulares o que ocurre entre el intercambio del agente genotóxico y las células, permitiendo la determinación de sus posibles efectos en la salud del ser humano. Estos biomarcadores se pueden clasificarse como de susceptibilidad exposición de efecto. [26]

El biomarcador de susceptibilidad se entiende como un indicador sobre una habilidad adquirida de un organismo a responder, sobre las modificaciones de exposición de un agente xenobiótico. [27]

Para evaluar daño genético en distintos tejidos de diferentes especies de animales y los posibles efectos de productos químicos en la salud de los individuos, precedentemente de su comercialización se realiza a través de la prueba de

micronúcleo, al igual que el ensayo cometa son los *test* de genotoxicidad siendo herramientas fundamentales. [28]

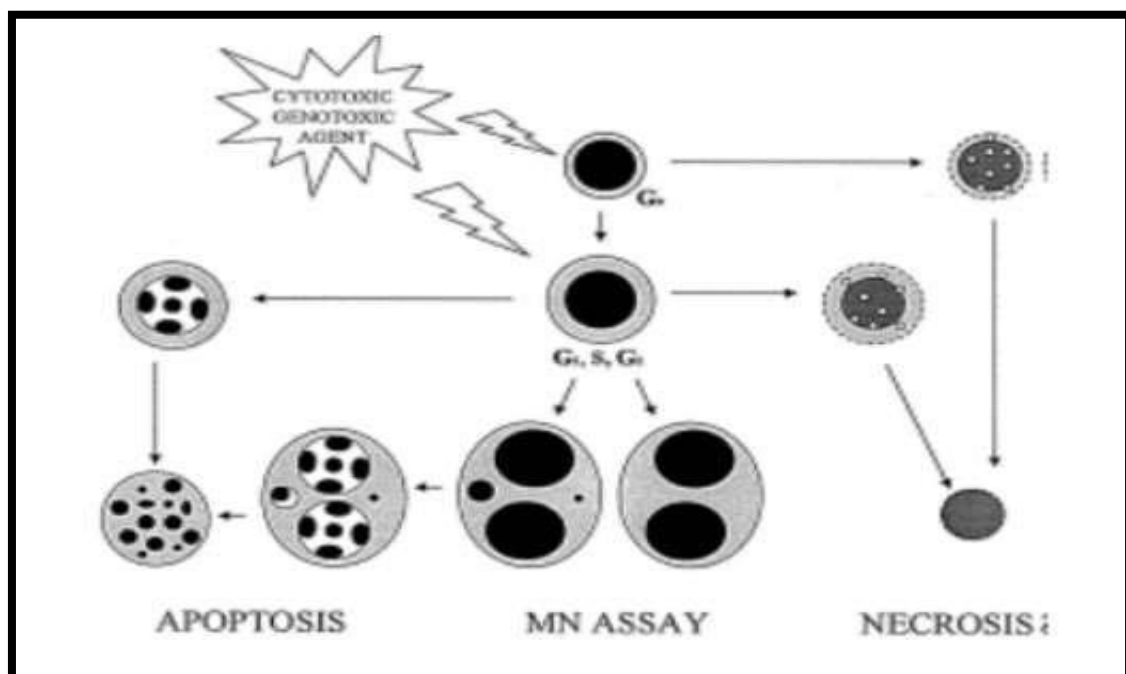
2.5. Ensayo de micro núcleo

El método de MN, es una prueba de genotoxicidad que se da de forma versátil y breve la detección de micronúcleos y otras aberraciones cromosómicas en lapso del biomonitoreo de células en población establecida, Esta prueba otorga la evaluación efectos en material genético, partiendo de la identificación de micronúcleos en la población expuesta a un agente tóxico. [29]

Siendo también de mucho beneficio ya que permite tener una estimación de los cambios en el material genético, posibilitando un diagnóstico del efecto en el ADN.

Del daño previo en el ADN resultan los micro nucléolos, hecho que produce mutación y por lo tanto una modificación en la expresión del material genético.

Figura Nº 2: Formación de micronúcleos. [30]



Fuente: Fenech Michael

En la actualidad en una técnica más usada en ensayos citogenéticas y en el ámbito de la genética toxicología permitiendo la evaluación de daños provocados por distintos agentes físicos y químicos es el método de formación por MN mostrado en la figura 2.

Tabla N° 3: Criterios para seleccionar células con presencia de micro núcleos

Todas las células deben ser binucleadas (BN)
Los dos núcleos deben tener la membrana nuclear intacta y estar situados en el mismo espacio citoplasmático
Los dos núcleos de la célula BN deben tener tamaño e intensidad del colorante similar
Los dos núcleos dentro de una célula BN pueden estar unidos por un puente nucleoplasmático fino que no es más amplio de una cuarta parte del diámetro del núcleo mayor

Fuente: Chang Wushou

CAPITULO 3

ESTADOS DEL ARTE

3.1. Daño genotóxico por mercurio.

El trabajo busco estimar los efectos cito tóxicos y genotóxicos que ocasiona el Hg, en las células sanguíneas. Donde pusieron los organismos en diversas concentraciones sub letales del metal (0.001 mg/l) en un periodo de 12,24,48,72 y 96 y transcurrido las horas de exposición se obtuvo muestras de sangre, donde se la valoro los biomarcadores como: el deterioro del ADN por medio de ensayos de micro núcleos y la muerte celular programada se realizó a través de la técnica de demarcación in situ del ácido desoxirribonucleico fragmentado. Como resultados obtuvieron que el Hg ocasiono considerablemente la instigación de frecuencia de micro núcleos, como la muerte de células sanguíneas en las dos concentraciones de muestra en todos los periodos de exposición; estos casos alcanzaron hasta más de 48 h. Se llegó a la conclusión de que los resultados dejan en evidencia ponen la genotoxicidad y citotoxicidad ocasionada por el mercurio. [31]

3.2. Contaminación por mercurio

Esta investigación tuvo como finalidad, determinar la densidad del mercurio a través de muestras con orina en los pobladores de Santa Filomena departamento de

Ayacucho. Para lo cual utilizaron los instrumentos de recolección de información: un cuestionario el cual sirvió para acceder a las condiciones de los pobladores estudiados por edad, género, años y horas de exposición, así como la muestra de orín en veinticuatro horas.

El 58.07% de la población, los cuales duran de 0 a 8 hrs durante los 7 días de la semana, tienen cantidades significativas de mercurio en orina (de 30.9 a 91 ug Hg /L). Llegando a la conclusión que del total de la población estudiada el 67.85% tienen concentraciones altas de mercurio de 42 a 91.0 µg/L. Siendo los jóvenes adultos de 25 a 33 años, los que presentan los más elevados valores de mercurio en orina, este resultado sobrepasa los valores permisibles. [32]

3.3. Exposición al mercurio

El propósito más importante de este estudio fue evaluar la evidencia disponible acerca de la exposición al mercurio y cuáles serían sus daños hematológicos. Tomando los criterios preestablecidos, donde se recuperaron 80 estudios, los cuales fueron mostrado (47 documentos de casos, 26 secciones transversales, 5 casos de series y 3 cohortes), que corresponden a 9,285 personas.

Aunque la mayor parte de las personas expuestas (6,012) contaban con cantidades normales de célula sanguínea y daños en la sangre ocasionadas por el Hg no notaban ser tan habituales (1,915 casos: 15 graves y 28 muertes), estos 3 estudios fueron asociación (β) de anemia, linfopenia, neutrofilia y basofilia. [33]

3.4. Mercurio en agua y sedimentos

En la investigación se estableció como objetivo analizar los niveles de Hg en el H₂O y los precipitados en el río suches de Puno. La información obtenida fue realizada en un laboratorio. Las disposiciones de Hg en agua indican los indicadores de contaminación, menor al límite permisible y en distintos casos menores al límite que se detectó (generalmente 0.0003 ug/l). Estos resultados se reportaron en aguas contaminadas con relave, las consecuencias en la fauna en pecados se detectaron por

valores inferiores a los LMP, para su consumo. Como conclusión se refleja que si hay diferencia altamente significativa, porque la probabilidad se encuentra menor a $\alpha=0.05$, por lo tanto la hipótesis nula se rechaza y a hipótesis alterna se reconoce. [34]

3.5. Manifestación clínica con intoxicación crónica con mercurio

Esta investigación se realizó a personas que mostraron una intoxicación crónica con Hg en los consultorios externos a ESSALUD. Con el propósito de explicar los signos y síntomas clínicos y epidemiológicos.

En cuanto al perfil de pacientes se muestra que el 42,6% de los ellos presentan mareos, 75,1% de los pacientes se observa pérdida de la memoria, 59,3% de pacientes tienen a irritarse con facilidad, el 41,7% se encontró con ansiedad, 45,1% poseen visión estrecha, 43,4% depresión.

Así mismo se obtiene que el 47,4% presentan astenia, 87,6% presentan cefalea, 23,4% se evidencia desregulación emocional leve. Al realizarse el examen de niveles de mercurio en la cabellera de los pacientes, el 17,6% tienen medidas de mercurio establecidos normales ($Hg < 01$), sin embargo, el 82.0% de pacientes tienen niveles de mercurio considerados fuera del rango normal ($Hg > 01$), llegando a la conclusión que presentan intoxicación crónica por mercurio. [35]

3.6. Determinación de Hg en orina

Se realizó a odontólogos donde se estudió el nivel de mercurio en orina, para determinar el grado de contaminación a la exposición de este elemento durante su actividad ocupacional. Estas muestras fueron tratadas previamente, mediante una digestión ácida, el contenido de mercurio fue hallado mediante análisis por activación neutrónica, en donde se observaron concentraciones por debajo de 12.1 Hg/L de orina. Los resultados se encontraron dentro de los límites reportados en la literatura para este contaminante. Donde se vio también que el grado de mercurio en la orina de aquellos sujetos estudiados están asociados con una gran variedad de factores que contribuyen a su acumulación en el organismo y a su exposición número de años de

práctica dental, número de amalgamas manipuladas, entre otros. En este trabajo se recomiendan medidas de seguridad que permitan mantener tan bajo como razonablemente sea posible la contaminación y exposición a este peligroso elemento químico. [36]

3.7. Determinación de Hg en sangre

Esta investigación quiere halar la presencia de Hg en los trabajadores en mina artesanal en la comunidad Puzuno. En la obtención del Au, realizan diferentes actividades como la amalgación en la cual emite vapores de mercurio los cuales son inhalados por los mineros. La presente investigación cuantifico la concentración de mercurio través de muestras de células sanguíneas, así como identificar de acuerdo a la exposición al mercurio cuales serían las enfermedades más comunes, establecer la cantidad de trabajadores perjudicados por estar expuestos al Hg. Este se llevó a cabo con la participación de 25 trabajadores los cuales cumplían con todos los requerimientos de inclusión así mismo se realizó la firma para tener el consentimiento de los mineros, también se realizó una encuesta para conocer el factor predisponente y nivel cognoscitivo con los cuales cuentan los trabajadores sobre el tema establecido, encontrándose así que el 73% de los trabajadores

Cuentan con un nivel alto de mercurio en sangre, vinculado por la escasa importancia que le prestan a la utilización de equipo de protección personal, se halló que la principal manifestación clínica que presentan los mineros los cuales tienen un elevado nivel de Hg en sangre presentando temblor en parte del cuerpo, dolores de cabeza tristeza, ansiedad y Gingivitis. [37]

3.8. Exposición a mercurio de mujeres y niños

Esta investigación tuvo como finalidad analizar la con Hg en infantes adolescentes y mujeres del rio Beni, se realizó la investigación tomando en cuenta la frecuencia de consumo de pescado en las familias, se tomó 625 personas entre madres y niños de 15 comunidades encontradas a la orilla de rio Beni. Así mismo se examinó el cabello

obtenido por persona para la determinación del nivel de Hg a través de vapor frío. Se obtuvo como resultado que las madres obtuvieron un grado de mercurio de $4.9 \pm 4.39 \mu\text{g/g}$ y los infantes, adolescentes de $4.2 \pm 3.5 \mu\text{g/g}$.

En infantes de 6 a 11 años de edad se determinó la existencia de relaciones entre el índice nutricional y el grado de Hg en cabello. Llegando a concluir que el nivel de Hg en el área se puede considerar como bajos a moderados. [38]

3.9. Plan estratégico de ciencias, tecnología e innovación

En un artículo publicado por la Universidad de Colombia en la cual el Ministerio de Salud reportó que analizaron 37 expuestos de forma directa con la actividad minera y 28 por exposición indirecta. Para realizar esta investigación se tomó muestras de cabello y sangre para definir el grado de mercurio. En la investigación se obtuvo que el área laboral hace que las personas cuenten con niveles de mercurio los cuales pueden ser considerados elevado, tomando en cuenta que el valor normal en la sangre debe ser menor a $10.0 \mu\text{g/L}$. El análisis de laboratorio, tuvo como resultado que el Hg en mineros fue de $59,17 \mu\text{g/L}$, y de $26,8 \mu\text{g/L}$ en el cabello. Entre las personas expuestas de forma indirecta el promedio fue de $53,6 \mu\text{g/L}$, y $22,86 \mu\text{g/L}$ en el cabello. [39]

3.10. Evaluación de las emisiones de vapor mercurial

Estudio que titulaba producción de vapores gaseosos de agente vivo en el proceso para extraer el oro, y las consecuencias a los jornaleros de mineras, en la cual tuvo como objetivo principal de la investigación fue analizar las condiciones en la que encontraban los trabajadores, además del proceso y las concentraciones de vapores del mercurio encontradas en la actividad minera. La metodología aplicada en la investigación, se utilizaron instrumentos como el análisis instrumental, encuestas y entrevistas. Se ha ejecutado un muestreo de concentraciones de vapor del metal mercurio durante la actividad de amalgamación que se ha logrado presenciar, con las encuestas a toda la población en estudio de cada campamento. El monitoreo se ha

efectuado en el área donde se realiza la actividad de amalgamado y están a mayor exposición para inhalar todos los vapores del mercurio. Una vez culminada la investigación los autores han evaluado analíticamente todas las concentraciones de azogue en los trabajadores estudiados, donde se ha observado que los niveles promedio, en todos los casos, superan en gran medida los límites de máximo permisibles recomendados. Esto representa un problema grave en toda la comunidad minera. [40]

3.11. Genotoxicidad en trabajadores de minería artesanal

Uno de los objetivos es encontrar el daño genotóxico en obreros en una minería informal expuestos al azogue.

Metodología. Es de tipo observacional y de corte transversal, donde se evaluaron a los trabajadores expuestos al mercurio en total fueron 83 los trabajadores evaluado, de quienes se tomaron muestras de células por hisopado bucal para que posteriormente pase por tinción, además se hizo un análisis microscópico además una contabilización de todos los micronúcleos y algunas alteraciones a nivel del núcleo. También se recolectó orina de veinticuatro horas y con ello poder determinar el Hg inorgánico.

Como resultado se tuvieron que el 67,8% de los trabajadores estudiados eran varones. Como también el promedio de tiempo de exposición al hidrargirio fue de $13,2 \pm 5,4$ años, y por último el contacto con agente vivo fue de $5,2 \pm 3,5$ kg por pers/día. El 94% de todos los encuestados obviaban el uso de Equipos de protección personal. [41]

3.12. Riesgo ocupacional al mercurio

Este trabajo de investigación tuvo como fin determinar los riesgos ocupacionales asociados al mercurio y genotoxicidad por exposición al proceso de quimbaleta minero informal, Puno. El estudio se realizó en 15 trabajadores voluntarios, por exposición directa al mercurio y periodo de tiempo según vida promedio (4 horas diarias) en fluido

para respuesta adversa. El riesgo ocupacional se determinó mediante los niveles de mercurio por espectrofotometría de absorciones atómica, en tanto el resultado de genotoxicidad se hizo mediante la técnica donde se identificaron la presencia de micronúcleo y para la determinación del factor de riesgo se aplicó una matriz genérica de exposición. Resultados: Las concentraciones promedio de mercurio total en sangre fue de 4.46 ± 2.84 $\mu\text{g/l}$ con una alteración genotóxica del 100% con y un factor de riesgo MEDIO con una puntuación de 23,0. La matriz genérica de exposición de riesgo ocupacional, indicó una clasificación de tipo MEDIO. Se concluyó que, existe riesgo en los trabajadores quimbaleteros mineros artesanales ante la exposición al mercurio, ya que sus concentraciones generaron daños genotóxicos, independientemente de lo mostrado por la matriz genérica. [42]

3.13. Impacto de las fuentes hídricas

El estudio determino todo impacto que viene de los orígenes hídricos que son destinadas para la alimentación, que constituyen una de las importantes fuentes de contaminación muy elevadas de mercurio, y afecta directamente la salud de las personas de distintas formas. Se sabe que las aguas superficiales generalmente contienen bajos niveles de mercurio ya que este rápidamente es absorbido por los microorganismos que existen en el agua, se determino que la concentración en el H_2O puede llegar a valores muy altos a los $1,9$ $\mu\text{g/l}$. En algunos municipios de Colombia se detectaron cantidades mayores de los $3,0$ $\mu\text{g/l}$ de mercurio en aguas encontradas en la superficie. Si es verdad que el adquirir H_2O mezclada con agente vivo esto es un problema menor en relación con diferentes causas de contaminación. [43]

3.14. Irregularidad menstrual y exposición a mercurio

El objetivo: Evaluar los efectos ante la exposición al Hg elemental en la minería dedicada al Au, y la discontinuidad del periodo menstrual y los abortos numerosos en el país de Colombia. Tuvo como método de tipo analítico y transversal. Se realizó una

comparación con otras féminas que nunca estuvieron en contacto con ningún metal pesado, como instrumentos se utilizó una encuesta escrita.

Resultados: la muestra fue de 73 de las señoras que estuvieron expuestas y 123 damas no estaban en contacto a mercurio. La edad promedio es de $18,53 \pm 8,56$ años. Y la prevalencia de periodo irregular en los 6 meses finales, fue superior en las femeninas de manera crónica a los vapores de Hg.

Conclusión: Ante la exposición a mercurio elemental en el transcurso de extracción del Au de manera artesanal estaría relacionada con alta prevalencia a las anomalías del periodo menstrual, y no existen abortos provocados por este metal. [44]

3.15. Mortalidad por enfermedades genitourinarias

El objeto de investigación fue: Evaluar la mortalidad por las enfermedades de rasgos genitourinarias en los mineros. La metodología fue: como población tuvieron 3.978 trabajadores que están expuestos al mercurio en Minas de Almadén y Arrayanes. Además, se evaluaron todas las consecuencias de la muerte clasificado por edad y sexo.

El resultado: Los estudios realizados demostraron que se obtuvo un incremento de muertes ocasionados por anomalías del aparato genitourinario que consigo traía la muerte presentadas nefritis, síndromes nefróticos y nefrosi que estaban entre los intervalos de 2,19 a 3,24. Además donde se encontraron altos índices de mortalidad fue en obreros del área de metalurgia que los trabajadores mineros. Este trabajo refleja elevados aspectos que ocasionaron la muerte por enfermedades relacionados al sistema genitourinario. [45]

3.16. Determinación de mercurio

El objetivo del estudio es hallar las concentraciones de Hg en células sanguíneas de mineros artesanales. La investigación lo desarrollaron con 26 mineros artesanales que estaban de acuerdo a criterios de inclusión y que firmaron un consentimiento de querer participar en el estudio, también se realizó encuestas para la identificación de los

factores que predisponen el grado de conocimiento que tienen los mineros sobre el tema planteado, en donde se obtuvo que el 73% de los mineros evaluados tienen niveles de concentración elevada de mercurio en sangre, que estaban relacionados principalmente por la mínima importancia que le daban al uso del equipo de protección personal, además se encontró las más importantes manifestaciones clínicas que presentaron los mineros con niveles altos de mercurio sanguíneo y los efectos presentados fueron temblores en raras lugares del cuerpo, dolor de cabeza, depresión, ansiedad y Gingivitis. [46]

3.17. Efectos genotóxicos

Este estudio tuvo como **objetivo general** evaluar la presencia de un daño genotóxico, la metodología; se examinaron la genotoxicidad y la densidad de metal pesado como (Hg, Cd y Pb) en muestras sanguíneas en la población y en un grupo que se tomó como control. Además, lograron determinar los daños en las cadenas del cromosoma DNA utilizando el método de condiciones alcalinas y se determinaron las cantidades de Hg con espectrometría de absorción atómica por vapor frío, y los otros metales tales como Cd y Pb se obtuvieron por EBA en horno de grafito. Se tuvo como resultado que las concentraciones de metales pesados se encuentran mayor a los LMP por OMS. Lo que demostraron los efectos genotóxicos que pueden estar relacionados a los metales en las células sanguíneas. Además, se determinaron asociaciones significativas ($p < 0,05$) entre las presencias de metal pesado como Hg y Cd. Se puede concluir que los resultados aconsejan que las consecuencias irreversibles a nivel genético obtenido en colombianos, estarían relacionado porque se encontró metales pesados en los estudiados. [47]

3.18. Genotoxicidad de metales pesados

El objetivo fue evaluar los daños genotóxicos ocasionados por (Hg, Pb, Cd, Cu y Zn) relacionados a explotación minera de habitantes del río San Jorge. Como metodología de investigación se determinó la concentración de metal encontrados en sangres de

42 personas y 12 muestras de Montería que fue el (grupo control). Se logró determinar la continuidad de micronúcleos la presencia de para poder estimar el daño al DNA. Se tuvo resultados las concentraciones medias de mercurio en sangre en personas que habitan en Bocas de Uré (11.8 ± 2.34), Puerto Córdoba (19.09 ± 3.91) y mina el Alacrán (21.42 ± 9.65), por encima del LMP ($<5.8 \text{ ug/l}$), y se determinó daño en el ácido desoxirribonucleico ($0.19 - 2.46$) en muestras sanguíneas de habitantes de la minera de el Alacrán. [48]

3.19. Repercusiones en la salud por el mercurio

El objetivo que tuvo es conocer la presencia de Hg en los alrededores del río Tambopata. Donde se obtuvo 164 tejidos de peces y cabellos de personas entre el 2004, 2005 y 2006. Estas muestras se analizaron, realizando el método de nombre Espectrofotometría de frío de mercurios. El resultado se muestran apariencias de cantidad de Hg totales en altas y bajas partes del río. El azogue total expuesto en los pescados que eran para la alimentación, tenía valores que sugiere la organización mundial de la salud, y que recomienda informar a todos los habitantes al riesgo que están expuestos. el resultado para la cabellera muestra la existencia de Hg en elevadas densidades, que significa un riesgo muy grave de tipo neurotóxico para las personas además de sus descendencias. [34]

CAPITULO 4

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Metodología de la investigación

4.1.1. Tipo de Investigación

El presente estudio es de tipo cuantitativo

4.1.2. Nivel de Investigación

Es una investigación de nivel descriptivo y correlacional porque se midió las variables planteadas en forma independiente para que luego se analice la relación entre las variables.

4.1.3. Diseño de la Investigación

Este trabajo de investigación por su nivel de estudio es no experimental de corte transversa, ya que no se manipulará las variables y solo se observará la correlación entre la concentración de mercurio en sangre y el daño neurotóxico ocasionado por la exposición de los trabajadores al mercurio en la actividad de recuperación del Au en la minera informal Cumbreras.

4.2. Descripción de la investigación

- ✓ La investigación tiene como desarrollo la ciudad de Cusco provincia de Urcus distrito de Ocongate, el trabajo de investigación se inició mediante la observación de la situación actual de la minera informal cumbreras, donde se encontró la

explotación de oro de manera informal, y el uso excesivo e incontrolable del mercurio para la recuperación del oro, además el descuido y desinterés total sobre la utilización de EPPs.

- ✓ Para luego realizar la determinación de la muestra que utilizo para la aplicación de nuestros instrumentos de investigación que se dio en el mes de septiembre del año 2019 donde se evaluó a los trabajadores expuestos al mercurio mediante un cuestionario donde nos brindarían información del tiempo de trabajo y el tiempo al que están expuestos al mercurio.
- ✓ Se realiza la ubicación y concentración a todos los trabajadores disponibles para realizar una sensibilización sobre la problemática a investigar. Inmediatamente después de la sensibilización se hizo entrega de un cuestionario que nos sirvió para la recolección de datos demográficos, laborales asociados a la exposición al mercurio, en la cual se tomará en cuenta a todos los trabajadores que tengan igual o mayor a 5 años de trabajo en mineras informales.
- ✓ Para la evaluación del daño genotóxico se realizó una toma de muestra de sangre de 8 ml, estas muestras estuvieron reservadas entre 2 y 8 °C hasta llevarlo al análisis en el laboratorio, de las cuales 5ml fueron destinadas para determinar el daño genotóxico y 3 ml para hallar la concentración de mercurio en sangre; esta muestra de sangre fue suspendida en suero fisiológico, para luego ser transportadas a láminas portaobjetos para su interpretación. Se realizó mediante la tinción con Giemsa y contabilizar las células en un microscópico en 1000 células.
- ✓ La obtención de resultados del análisis de sangre es comprobada con los límites máximos permisibles presente en la normativa de salud vigente, con la finalidad de determinar si estos resultados superan los niveles permitidos.
- ✓ Por último, se determina la relación entre la concentración de mercurio en sangre y el daño genotóxico ocasionado por la exposición de los trabajadores en la

actividad de recuperación del oro, una vez encontrado es de suma importancia analizar las condiciones o fuentes causantes y poder recomendar medidas preventivas y correctivas.

4.3. Estudio de caso

Línea de investigación

Higiene ocupacional:

Área:

- ✓ Investigación científica en salud ocupacional
- ✓ Evaluación de los factores de riesgo laboral

4.4. Unidad de análisis

4.4.1. Población

La población de la presente investigación estará conformada por los obreros que realizan la actividad de recuperación de oro de la minera informal cumbreras.

4.4.2. Muestra

Se realizará un muestreo no probabilístico por conveniencia (selección directa e intencionalmente a los individuos que integran la muestra, en función de la facilidad de acceder a ellos), solo se obtuvo 02 trabajadores mineros después de haber seleccionado de acuerdo a nuestros criterios de inclusión.

4.5. Instrumentos de investigación

4.5.1. Fichas laborales

Esta ficha estará formulada para conocer el estado actual de la minera informal cumbreras, datos demográficos y la información laboral con ello podremos seleccionar a nuestra muestra de estudio teniendo en cuenta los años de trabajo en la actividad de recuperación de oro.

Además, constará de 6 preguntas entre ellas el uso de equipos de protección personal que también será un punto muy importante para determinar y conocer el estado actual de los trabajadores.

4.6. Técnicas de investigación

4.6.1. Determinación de mercurio en células sanguíneas

La toma de muestra de sangre se realizó un fin de semana después de haber culminado su jornada laboral, para ello se procedió a seguir los siguientes pasos:

- a) Selección del personal
- b) Limpieza de la piel (agua, jabón y después alcohol etílico al 70%)
- c) Recolección de sangre por punción venosa.
- d) Depositar la muestra de sangre en vacutainer que se utiliza como anticoagulante.

Se obtuvo 6 ml de muestra de sangre, de las cuales se utilizaron 2 ml destinados para la cuantificación de mercurio y 4 ml para la identificación de micronúcleos.

4.6.2. Determinación de mercurio por espectrometría de absorción atómica

Para determinar la presencia de mercurio se utilizó la técnica de espectrometría por absorción atómica. La cual forma uno de los métodos más utilizados en la determinación de más de 61 elementos, fundamentalmente en el rango de $\mu\text{g/ml}$ - ng/ml en diversas muestras analizadas en el laboratorio.

La espectrofotometría de absorción atómica con llama es la técnica más utilizada para determinar una amplia complejidad de matrices en metales. Su notoriedad es debida a su especificidad, fácil manipulación y sensibilidad. Esta técnica aspira directamente a una llama de flujo laminar la solución. La llama genera átomos en su estado elemental. Temperaturas próximas a $1,500\text{--}3,000^{\circ}\text{C}$ son bastantes para que se produzca atomización de una cantidad grande de elementos, los cuales absorben una porción de la radiación resultante de una fuente luminosa.

4.6.3. Test de evaluación de micronúcleos y anormalidades nucleares en células sanguíneas

Para iniciar este punto, se tomará una muestra de sangre a todos los trabajadores que cumplen con los requerimientos que esta investigación desea, para ello se les entregará un documento de consentimiento para la toma de muestra de sangre y querer participar en la investigación, documento que estará firmado por cada trabajador.

De la muestra de sangre q se tomará a los trabajadores ya seleccionados una cantidad de 8 ml de sangre de las cuales 5ml serán para determinar el daño genotóxico y 3ml para establecer la concentración de mercurio en sangre. De los 5 ml se realizará en 1000 células sanguíneas (eritrocitos) por muestra (5 repeticiones/ paciente) donde se seleccionará como indicador de genotoxicidad, la frecuencia de formación de micronúcleos.

4.6.4. Precauciones de seguridad

Usar guantes, mandil y gafas de seguridad para cuando se realice la manipulación de sangre humana. Plástico, vidrio y papel desechable (puntas de pipetas, tubos de ensayo, guantes, etc.) que tengan contacto con sangre debe ser depositados en fundas para riesgos biológicos las cuales deben mantenerse en contenedores apropiados hasta que sean selladas y puestos en autoclave. Cuando el trabajo se finaliza hay que desinfectar todos los espacios de trabajo donde la sangre fue manipulada con solución al 10% de hipoclorito de sodio.

4.7. Operacionalización de variables e indicadores

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTO
V.I	INFORMACIÓN LABORAL	Años laborados en minería informal	Tiempo de trabajo superior a 3 años	años	Cuestionario
			Tiempo de exposición	Horas	
V.I	NIVELES DE MERCURIO EN SANGRE	Niveles elevados de mercurio en sangre	Valores superiores a 11ug/L se consideran elevados	ug/L	Examen de laboratorio (sangre)
		Niveles normales de mercurio en sangre	Valores menores a 11ug/L no tienen importancia clínica	ug/L	
V.D	DAÑO GENOTÓXICO	Alteración en la estructura del ADN por un agente tóxico.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Frecuencia de micronúcleos ➤ Frecuencia de gemaciones ➤ Índice de apoptosis 	%	Test de micronucleus

CAPITULO 5

PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1. Diagnostico situacional actual

Durante el inicio de la investigación se observó las condiciones inadecuadas e inseguras de trabajo, que realizan los trabajadores en la minera informal, ya que no cuentan con servicios básicos, no tienen conocimientos sobre los riesgos asociados al uso indiscriminado del mercurio para la recuperación del oro, sobre todo el tiempo de exposición durante el día además sin uso incorrecto e inexistente de los EPPs.

Para evaluar el diagnostico situacional se realizó un cuestionario donde nos brinda información de los siguientes puntos.

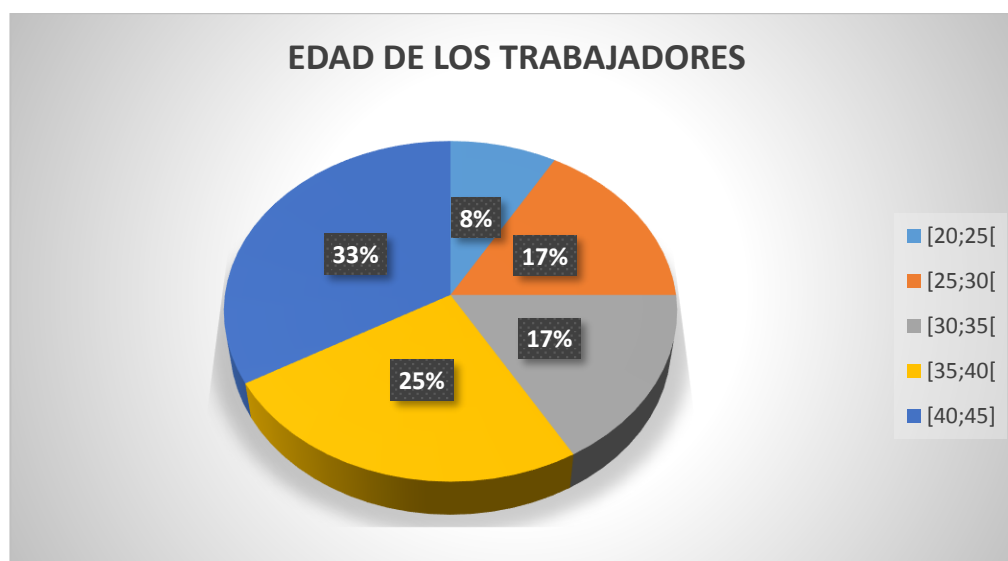
a. Edad de los trabajadores que laboran en minería cumbreas

Tabla N° 4: edad de los trabajadores

Edad de los trabajadores	Fi	hi	pi
[20;25[1	0.083	8.3%
[25;30[2	0.167	16.7%
[30;35[2	0.167	16.7%
[35;40[3	0.250	25.0%
[40;45]	4	0.333	33.3%
	12	1	100%

FUENTE: Propia

Figura Nº 3: edad de los trabajadores



FUENTE: Propia

Interpretación: En la figura 04 se observa los resultados del análisis de la edad de los trabajadores que laboran en minera Cumbresas, el 33% del personal se encuentra entre los 35-40 años de edad, representando así el mayor índice de edad.

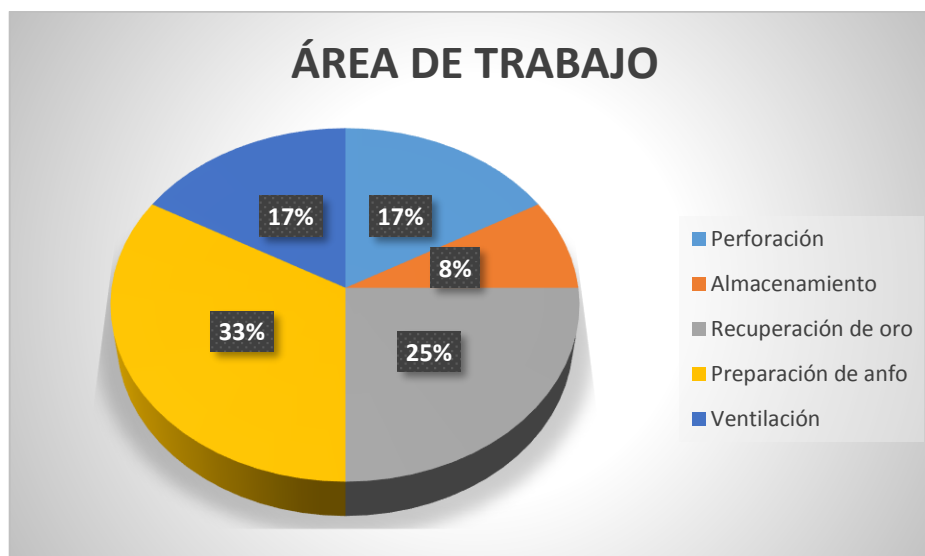
b. Área de trabajo en la que se encuentra laborando en la minera cumbresas

Tabla Nº 5: Área de trabajo

Área de trabajo	fi	hi	Pi
Perforación	2	0.167	16.7%
Almacenamiento	1	0.08	8.3%
Recuperación de oro	3	0.25	25.0%
Preparación de anfo	4	0.33	33.3%
Ventilación	2	0.17	16.7%
	12	1	100%

FUENTE: Propia

Figura N° 4: Área de trabajo



FUENTE: Propia

Interpretación:

En la figura 05 se muestra que el 25% del personal que labora en la minera informal cumbreras lo hace en el área de recuperación de oro, siendo este el mayor porcentaje, así como un factor para la toma de muestra.

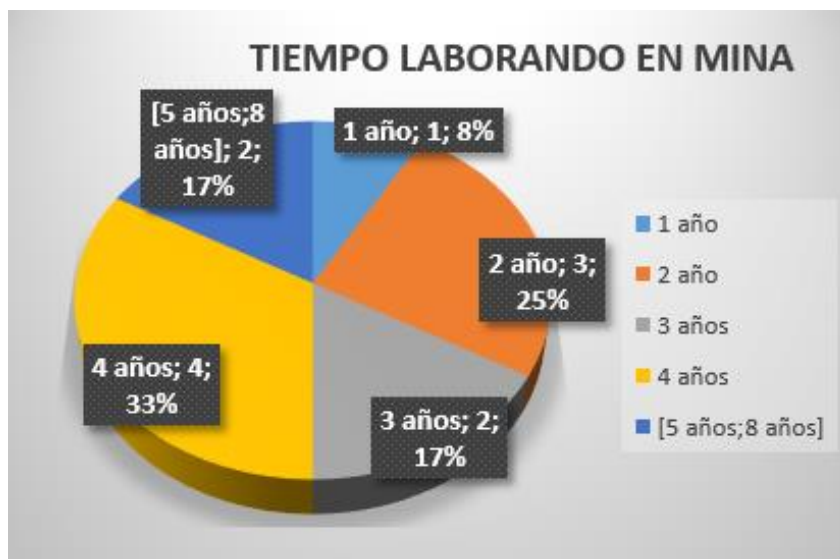
c. Cuánto tiempo se encuentra trabajando en minería

Tabla N° 6: Tiempo de trabajo en minería

Tiempo laborando en minería	Fi	hi	Pi
1 año	1	0.083	8.3%
2 año	3	0.250	25.0%
3 años	2	0.167	16.7%
4 años	4	0.333	33.3%
[5 años;8 años]	2	0.167	16.7%
	12	1	100%

FUENTE: Propia

Figura Nº 5 Tiempo de trabajo en Minería



En la figura 06 se observa los resultados del análisis del tiempo laborando en minería el personal que labora en la minera informal Cumbre 2 se encuentran laborando en este rubro en un periodo de 5 a 8 años, siendo este un factor para tomar la muestra.

d. Cuántas horas al día se encuentra expuesto a la actividad de recuperación de oro.

Tabla Nº 7: Horas al día exposición

Horas al día de exposición al mercurio	Fi	Hi	Pi
5 horas	3	0.25	25%
6 horas	5	0.417	42%
7 horas	2	0.167	17%
8 horas	2	0.167	17%
	12	1	100%

FUENTE: Propia

Figura N° 6: Horas al día exposición



FUENTE: Propia

Interpretación:

En la figura 07 se muestra que el personal que labora en la minera informal Cumbreras se encuentra expuesto a la actividad de recuperación de oro entre 5, 6 y 8 horas representando el 17 % pudiendo ser este un factor para causar graves problemas de salud.

e. Equipos de protección personal usados a la hora de realizar sus actividades

Tabla N° 8: Uso de equipo protección personal

EPP usa a la hora de realizar sus actividades	fi
Guantes de seguridad	9
Casco de seguridad	10
Respirador de media cara	6
Zapatos de seguridad	12
Ropa de protección	8
Lentes de seguridad	5
Tapones auditivos	4

FUENTE: Propia

Figura N° 7: de Uso de equipo protección personal



Interpretación:

En la figura 08 se observa los resultados del análisis de los equipos de protección personal, donde los trabajadores no usan todos los epp's, generando así factores que atentan contra la salud del trabajador y que además interfieren en el desarrollo normal de actividades laborales.

5.2. Determinación de la concentración de mercurio

5.2.1. Análisis del resultado de laboratorio

a. Concentración de mercurio en sangre de los trabajadores expuestos al mercurio en la actividad de recuperación del oro.

Para realizar los exámenes de laboratorio se trabajó con los pacientes que cumplieron con todos los criterios de inclusión, los mismos que son 2 mineros.

Tabla N° 9: Concentración de Mercurio en Sangre

EXAMEN CLINICO	
PACIENTE	CONCENTRACION DE MERCURIO ($\mu\text{g/L}$)
001	12.60
002	12.70

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

Luego de obtener los resultados de la cuantificación de mercurio en sangre se observa que el 100% de la muestra estudiada lo que representa a 2 mineros tienen Niveles elevados de mercurio en la sangre, encontrándose una concentración mínima de $12.60 \mu\text{g/l}$ y como máxima $12.70 \mu\text{g/l}$ como se muestra en la tabla n° 10. Con la determinación de este resultado nos indica que al estar expuestos al mercurio se encuentran concentraciones altas en las células sanguíneas, sabiendo que el mercurio y sus derivados son verdaderamente contaminantes del ambiente con un impacto sobre la salud humana.

b.Determinación de la relación de genotoxicidad de las células sanguíneas según el tiempo de exposición al mercurio en la actividad de recuperación del oro.

Para el análisis en los trabajadores mineros, inicialmente se realizó una clasificación por intervalos de clases según el tiempo de exposición.

TABLA N° 10: Valores de genotoxicidad por recuento de micronucleos en trabajadores durante a actividad de recuperación de oro.

Tiempo de exposición	Nro	Cantidad de micronucleos	Cantidades normales
7 años	1	0.0052	0.0004
5 años	1	0.0084	0.0004
TOTAL	002	0.0136	-----

Fuente: elaboración propia

TABLA N° 11: Comparación de Valores de genotoxicidad por recuento de micronucleos en trabajadores durante a actividad de recuperación de oro.

PACIENTE	CONCENTRACION DE MERCURIO (ug/L)	VALORES NORMALES (ug/L)	DIAGNOSTICO
001	12.60	11.00	ALTO
002	12.70	11.00	ALTO

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

La presencia de los micronúcleos es uno de los indicadores de la alteración genotóxica que algunos compuestos químicos que pueden presentar, se obtuvo trabajadores mineros que presentan micronúcleos están entre los 5 años hasta 7 años de tiempo exposición, teniendo un incremento de la presencia de micronúcleos paralelamente con el tiempo de exposición que presentan los trabajadores.

El tiempo de exposición mínimos que se encontró están los 5 años con una cantidad de 0.0052 micronúcleos y en los 7 años con una cantidad de 0.0084 micronúcleos.

La relación de la alteración genotóxica, representado con la formación de micronúcleos y el tiempo de exposición, nos indica que a medida que aumenta los años de servicios

laborales o el tiempo de exposición para los trabajadores mineros artesanales existe una mayor posibilidad de la alteración genotóxica mediante la formación de micronúcleos respectivamente.

5.2.2. Discusión de la determinación de la concentración de mercurio

Los efectos que causa la exposición al mercurio no tiene un efecto más relevante en los del sexo masculino a comparación del sexo femenino ocasionan daños sobre el sistema nervioso e inmunitario, el aparato digestivo, la piel y los pulmones, así como los riñones.

Hay varios factores que pueden cambiar la toxicocinética y los efectos tóxicos del metilmercurio

La susceptibilidad a la neurotoxicidad del mercurio ligada con el sexo no ha sido muy estudiada y los resultados disponibles no son concluyentes. En la intoxicación que ocurrió en Iraq como consecuencia del consumo de grano contaminado con un fungicida mercurial, las mujeres se afectaron más que los hombres, cuando la exposición fue en la edad adulta y más aún en estado de gestación ya que los fetos tenían la probabilidad de nacer con malformaciones, daños muy graves en el cerebro e incluso nacer muertos.

Distintos estudios llevados a cabo en Canadá no hallaron diferencias en adultos menores de 40 años. Sin embargo, estudios epidemiológicos realizados en la edad infantil han referido que los niños son más susceptibles a los efectos neurotóxicos del mercurio que las niñas, cuando han sufrido una exposición a una edad temprana, siendo los fetos los más vulnerables pues la mayor concentración de este elemento se da en la sangre del cordón umbilical. [49]

Es por ello que esta investigación relaciona el daño genotóxico ocasionado por la exposición al mercurio en tiempos prolongados, cuyos resultados obtenidos dieron positivos y se determine este daño genotóxico y la alta concentración de

mercurio en sangre de los trabajadores en la actividad de recuperación de oro; como se encontró en un trabajo de investigación ya realizado en Lambayeque Perú.

CONCLUSIONES

PRIMERO:

De acuerdo a los resultados del cuestionario realizado se observó que gran cantidad de la población estudiada son de sexo masculino, además la población en estudio expuesta ocupacionalmente a vapores del mercurio en la actividad minera de extracción de oro tienen una inadecuada percepción de la importancia del uso del equipo de protección personal ya que el 55% de los mineros no usan el equipo de protección personal completo y adecuadamente, y debido al tiempo que han estado expuestos a estos vapores esto podría estar relacionado con la alta proporción a problemas de salud.

SEGUNDO:

Los valores de la concentración de mercurio en sangre de los trabajadores mineros en la actividad de recuperación de oro muestran concentraciones de mercurio tales como 11.62 µg/l y 13.45 µg/l lo que muestra que el 100% de la población en estudio tienen una elevada concentración de mercurio en las células sanguíneas, teniendo en cuenta que el valor normal de concentración de mercurio en sangre es de 11 µg/l.

TERCERO:

El 100% de los trabajadores mineros en la actividad de recuperación de oro presentan daños genotoxicos, ya que los ensayos para formación de micronucleos son de 0.0033 y 0.0157, siendo mayores estas formaciones a medida que aumenta el tiempo de exposición.

RECOMENDACIONES:

Primera:

Evaluar formación de micro núcleos en células epiteliales bucales como medio de selección menos invasivo.

Segunda:

Realizar otros estudios e investigaciones para determinar que otros compuestos químicos causan daños genotóxicos en mineros informales

ANEXOS

ANEXO N° 1: PANEL FOTOGRAFICO



Proceso de quema de amalgama



Obtención de la muestra de sangre



Llenado del cuestionario



Obtención de la muestra de sangre



Colocación de la muestra sanguínea en tubos

ANEXO N° 2: Cuestionario llenado por uno de los trabajadores mineros

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

"Determinación de la relación entre la concentración de mercurio en sangre y el daño genotóxico ocasionado por la exposición de los trabajadores que pertenecen al proceso de recuperación del oro en la zona rural Cumbreiras, Arequipa – 2019."

Yo, Lopez Calana Juan

- a) He recibido información sobre el estudio
- b) He podido hacer preguntas sobre el estudio
- c) He recibido suficiente información sobre el estudio
- d) He hablado con la Bachs. Vanesa Ochoa Machaca

Comprendiendo que mi participación es completamente voluntaria, puedo retirarme del estudio en las siguientes situaciones:

- 1) Cuando lo desee
- 2) Sin tener que dar explicación alguna
- 3) Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos o en los análisis que se me está proporcionando.

Presto libremente mi conformidad para participar en el proyecto de tesis anteriormente titulado

Fecha 20-09-19

Nombre del participante Lopez Calana Juan



Firma del participante

Nombres de los investigadores OCHOA MACHACA VANESA

Firma de los investigadores

Se agradece su participación en esta investigación.

FICHA LABORAL

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

"Determinación de la relación entre la concentración de mercurio en sangre y el daño genotóxico ocasionado por la exposición de los trabajadores que pertenecen al proceso de recuperación del oro en la zona rural Cumbreñas, Arequipa - 2019."

Ivan Lopez Calaña

DATOS DEMOGRÁFICOS

1. Género: Hombre ☒ Mujer ☐
2. Edad: 37 Años
3. Área de trabajo:
recuperación de oro

INFORMACIÓN LABORAL

¿Cuánto tiempo se encuentra trabajando en minería?

- a) 1 año
- b) 2 años
- c) 3 años
- d) 4 años
- ~~e) 5 años~~
- f) más de 5 años. Especifique _____ años

¿Cuántas horas al día se encuentra expuesto a la actividad de recuperación de oro?

8 Horas

¿Marque qué Equipos de Protección Personal usa a la hora de realizar sus actividades?

EPPs	SI	NO
a) Guantes de seguridad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Casco de seguridad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Respirador de media cara	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
d) Zapatas de seguridad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Ropa de protección	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Lentes de seguridad	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g) Tapones auditivos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

ANEXO N° 3: Resultados de laboratorio

LABORATORIOS TECNOMEDIC

LABOT

Especialidad en: Hematología, Serología, Bioquímicos,
Parasitología, Uroanálisis, Hormonas.

Urb. Dolores Mz. F Lote 1"A", J.L.B. y Rivero

Paciente:

PACIENTE: YANA SUCASACA EDGAR GREGORIO

Edad:

EDAD : 33 años

Solicitada por:

RESULTADOS

EXAMENES ESPECIALES EXAMEN DE SANGRE

EXAMEN

RESULTADO UNIDADES

VALOR DE REFERENCIA

MERCURIO

12.70 ug/L

Menor de 11.00 ug/L

Niveles de mercurio en sangre mayores de 50 ug/L son
indicativos de Exposición aguda ó crónica


Oscar Arenas Medina
TECNOLOGO MEDICO
ESPECIALIDAD EN LABORATORIO

Arequipa 04 de Diciembre del 2019

oscarp2127@hotmail.com Cel: 915135195

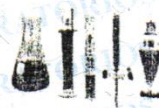
Av. 54 Agosto Chávez Bedoya (al cosyado del Club Condesuyos), Cerro Colorado

LABORATORIOS TECNOMEDIC



LABOT

Especialidad en: Hematología, Serología, Bioquímicos,
Parasitología, Uroanálisis, Hormonas.



Urb. Dolores Mz. F Lote 1"A", J.L.B. y Rivero

Paciente: **PACIENTE: MAMANI OCA ARTURO**

Edad: **EDAD : 42 años**

Solicitado por:

RESULTADOS

EXAMENES ESPECIALES EXAMEN DE SANGRE

EXAMEN	RESULTADO UNIDADES	VALOR DE REFERENCIA
MERCURIO	12.60 ug/L	Menor de 11.00 ug/L

Niveles de mercurio en sangre mayores de 50 ug/L son
indicativos de Exposición aguda ó crónica


Oscar Arenas Medina
TECNOLOGO MEDICO
ESPECIALIDAD EN LABORATORIO

Arequipa 04 de Diciembre del 2019

oscarp2127@hotmail.com Cel: 915135195

Av. 54 Agosto Chávez Bedoya (al cosyado del Club Condesuyos), Cerro Colorado

LABORATORIOS TECNOMEDIC



LABOT

Especialidad en: Hematología, Serología, Bioquímicos,
Parasitología, Uroanálisis, Hormonas.



Urb. Dolores Mz. F Lote 1"A", J.L.B. y Rivero

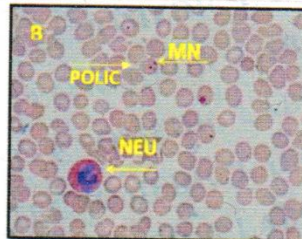
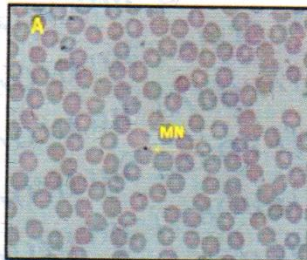
Paciente: **PACIENTE: MAMANI OCA ARTURO**

Edad: **EDAD : 42 años**

Solicitado por:

RESULTADOS

EXAMENES ESPECIALES EXAMEN DE SANGRE



- Leyenda; Fotografías de MN y Estructuras celulares presente en extendidas de sangre periférica.
- A Presencia de micronúcleos (MN) en globulo rojo (GR)
- B Neutrofilo (NEU) y micronucleos (MN) en globulo rojo policromatico (POLIC)

EXAMEN	RESULTADO UNIDADES	VALOR DE REFERENCIA
Recuento de Micronucleo	0.0052	0.00004

Oscar Arenas Medina
TECNOLOGO MEDICO
ESPECIALIDAD EN LABORATORIO

Arequipa 04 de Diciembre del 2019

oscarp2127@hotmail.com Cel: 915135195

Av. 54 Agosto Chávez Bedoya (al cosyado del Club Condesuyos), Cerro Colorado

LABORATORIOS TECNOMEDIC

LABOT

Especialidad en: Hematología, Serología, Bioquímicos,
Parasitología, Uroanálisis, Hormonas.

Urb. Dolores Mz. F Lote 1"A", J.L.B. y Rivero

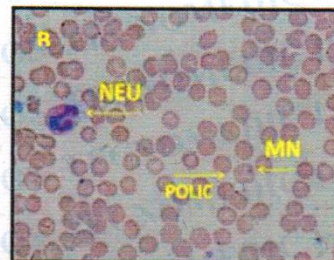
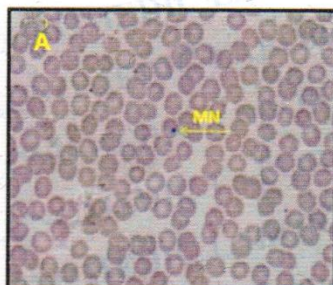
Paciente: **PACIENTE: YANA SUCASACA EDGAR GREGORIO**

Edad: **EDAD : 33 años**

Solicitado por:

RESULTADOS

EXAMENES ESPECIALES EXAMEN DE SANGRE



- Leyenda; Fotografías de MN y Estructuras celulares presente en extendidas de sangre periférica.
- A Presencia de micronúcleos (MN) en glóbulo rojo (GR)
- B Neutrofilo (NEU) y micronúcleos (MN) en glóbulo rojo policromático (POLIC)

EXAMEN	RESULTADO UNIDADES	VALOR DE REFERENCIA
--------	--------------------	---------------------

Recuento de Micronúcleo	0.0084	0.00004
-------------------------	--------	---------

Oscar Arenas Medina
TECNOLOGO MEDICO
ESPECIALIDAD EN LABORATORIO

Arequipa 04 de Diciembre del 2019

oscarp2127@hotmail.com Cel: 915135195

Av. 54 Augusto Chávez Bedoya (al cosyado del Club Condesuyos), Cerro Colorado

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. G. León Banegas, «Eficiencia del método ecológico sin mercurio respecto al tradicional con mercurio en la extracción de oro en minería artesanal en Ollachea – Puno,» repositorio UNA, Puno, 2017.
- [2] Osoreo Plenge, Jesús Eduardo Rojas Jaimes, Carlos Hermógenes Manrique Lara Estrada, «Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública,» Acta Medica, Lima, 2012.
- [3] Rivera Sotelo, Aída Sofía y Pardo Becerra, Luis Álvaro, «¿Qué minería aurífera, por quiénes y con fines de qué desarrollo? Una mirada a la minería aurífera en la Zona Minera Indígena Remanso,» Opera, Puerto Inidira, 2014.
- [4] E. Jairo, «Recursos naturales e infraestructura,» Naciones Unidas, Santiago- Chile, 2012.
- [5] A. J. Arauz, «Evolución e involución de la actividad minera aurífera en Costa Rica durante las pasadas tres décadas,» Revista Geológica de America Central, vol. 5, nº 1, p. 37, 2014.
- [6] U. Europea, «Guía de la Comisión Europea sobre la realización de actividades extractivas no energéticas de conformidad con los requisitos de Natura.2000.,» Comision Uropea, Luxemburgo., 2010.
- [7] N. Arroyo Deza, Oro, cianuro y otras crónicas ambientales, Cajamarca - Perú, 2002.
- [8] J. Alvarez, «Informe Minería aurífera en Madre de Dios y la contaminación.,» Editorial Súper Gráfica E.I.R.L, Madre de Dios, 2011.
- [9] C. Zenz, principles and practical applications. 2nd Ed., Chicago: Occupational medicine, 1988.
- [10] q. net, «Las distintas formas químicas del mercurio,» España, 2015.
- [11] C. a. Doull's., «Toxicology. The Basic Science of Poison. 6th Edition,» Mc Millan, Barcelona, 2001.

- [12] Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB., «Handbook of toxicology of metals,» Elsevier, Amsterdam, 1979.
- [13] A. V. Ramírez, «Intoxicación ocupacional por mercurio,» cajamarca - Perú, 2008.
- [14] Oken E y Kleinman KP, «Estudio de consumo de pescado entre mujeres embarazadas,» BRASIL, 2003.
- [15] Santiago Español , Jose Tejero, Jesus Serrano y Francisco Montes, «Niveles de mercurio en ambiente y en fluidos biológicos. Caso de la metalurgia en Almadén, España (1986-2001).,» España, 2011.
- [16] A. Kussmaul, «Tratado sobre la "Intoxicacion Cronica por Mercurio" en los plateros y fabricantes de espejos en Fürth y Nuremberg",» Nuremberg, 1861.
- [17] ASANO, S. / ETO, K. / KURISAKI, E. / GUNJI, H. / HIRAIWA, K. / SATO, H. /, «Review article : acute inorganic mercury vapor inhalation poisoning",» japon, 2000.
- [18] SLOTTON, D.G. / HEYVAERT, A.H. / REUTER, J.E. / AYERS, S.M. /GOLDMAN, C.R., «"Current and historic atmospheric mercury de position in California, as evidenced in Lake Tahoe sediment cores",» Alemania, 1996.
- [19] STAFFORD, C. / HAINES, T. / MOWER, B, «"Mercury concentrations in predatory fishes from randomly-selected lakes in Maine, USA : Effects of species and environment",» Alemania, 1996.
- [20] C. T. W, «Exposicion humana a compuestos de metilmercurio.,» USA, 1978.
- [21] C. Daniel, «Toxicología. 5th ed.,» Colombia - Bogota, 2006.
- [22] CHANDA, SM. / BARONE, S. / ORICE, HC. / O'CONNOR, RW. / BELILES, RP. / MORGAN, DL, «Distribution of mercury between maternal, fetal and neonatal tissues following gestational exposure to elemental mercury vapor in Long-Evans rats,» Alemania, 1998.
- [23] W. Jhonn, «Interpretación clínica de pruebas diagnósticas. 8th ed,» Barcelona, 2007.
- [24] J. Huff, «Chemicals and cancer in humans: First evidence in experimental animals. animals,» 1993.
- [25] T. I. C, «Biomonitoreo de células bucales a partir de micronúcleos en soldadores de metales en Cartagena,» bolivar, 2011.
- [26] P. Grandjean, «Individual susceptibility to toxicity,» 1992.
- [27] C. P. L., «Cuantificación de micronúcleos en células de sangre periférica de moto taxistas que trabajan en la ciudad de Cartagena de indias. Universidad nacional de Colombia facultad de medicina, departamento de toxicología.,» bogota, 2011.
- [28] M. P. Gleny, «Nivel De Conocimiento Sobre Medidas Preventivas Y Efectos Tóxicos Del Mercurio En Trabajadores De La Mina La Rinconada,» Puno, 2012.
- [29] Norppa H , Falck G.C, «What do human micronuclei contain,» 2003.
- [30] Fenech M, Holland N, Chang WP, Zeiger E, Bonassi S., «The Human MicroNucleus Project--An international collaborative study on the use of the micronucleus technique for measuring DNA damage in humans.,» 1999.

- [31] Judith Nuñez, marcela galar, Sandra garcia y Leobardo gomez, «Daño genotóxico y citotóxico producido por mercurio sobre células sanguíneas de (Cyprinus carpio),» Toluca - Mexico, 2010.
- [32] F. A. M. MONTENEGRO, «Evaluación de la Contaminación por Mercurio en población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena – Ayacucho – Perú,» Lima-Perú, 2001.
- [33] Angelica dos Santos, Elisabete Pedra, Iracina Maura y Carmen Rodrigues, «Human exposure to mercury and its hematological effects: a systematic review,» Brasil, 2019.
- [34] L. M. A. Alcázar, «El mercurio en la cuenca del Tambopata. Repercusiones en la salud humana y del ecosistema,» Bogota, 2018.
- [35] P. C. Condori, «Manifestaciones clínicas y epidemiológicas de pacientes con intoxicación crónica con mercurio en consultorios externos del Hospital de Es SALUD y Centro de Salud Jorge Chávez, Puerto Maldonado, 2014,» Puerto Maldonado, 2014.
- [36] M. Á. P. MILLAN, «DETERMINACIÓN DE Hg EN ORINA MEDIANTE ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN NEUTRONICA EN ODONTÓLOGOS, COMO UNA MEDIDA DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL,» Mexico, 2000.
- [37] M. E. C. Mejía, «Determinación de Mercurio en Mineros Artesanales en la Comunidad Puzuno de la Ciudad del Tena,» Ambato, 2010.
- [38] S. X. L. Monrroy, «Exposición a mercurio de mujeres y niños de comunidades indígenas del río Beni (Bolivia), con relación a problemas de salud (malnutrición, parasitismo, anemia) endémicos en el área.,» La Paz - Bolivia, 2007.
- [39] German Palacio, Maria Van, Yobana Pantevis Y Carlos Rodriguez, «Plan Estratégico - PEDCTI -Departamento deGuainía DEPARTAMENTAL DECIENCIA, TECNOLOGÍA INNOVACIÓNTECNOLOGÍA E INNOVACIÓNSEDE AMAZONIAINSTITUTO AMAZÓNICO DE INVESTIGACIONES - IMANI,» Colombia, 2014.
- [40] Galo Carrillo R., Ana Astudillo A., «Evaluación de las emisiones de vapor mercurial en procesos de amalgamado artesanal: caso Cantón Ponce Enríquez, Provincia del Azuay,» Ecuador, 2011.
- [41] Jaime Rosales, Nancy Malca, Jhonatan Alarcon, Manuel Chavez Y Marco Gonzales, «Daño genotóxico en trabajadores de minería artesanal expuestos al mercurio,» Lima, 2013.
- [42] R. R. Z. QUISPE, «PREDICCIÓN DEL RIESGO OCUPACIONAL AL MERCURIO MEDIANTE GENOTOXICIDAD POR EXPOSICIÓN EN EL PROCESO DE QUIMBALETE MINERO ARTESANAL, RINCONADA–PUNO 2016,» Puno, 2017.
- [43] Jaime Rosales Rimache, Nancy Malca, Jhonatan Alarcon , Manuel Chavez Y Marco Gonzales. , «Daño genotóxico en trabajadores de minería artesanal expuestos al mercurio,» Lima, 2013.
- [44] Laura Rodríguez, Diana Jaimes, Adelaida Tejos y Luz Sanchez., «Irregularidad menstrual y exposición a mercurio en la minería artesanal del oro en Colombia,» Colombia, 2015.

- [45] Miguel García, Patricia Boffetta, Juan Caballero Y Jorge Gómez., «Mortalidad por enfermedades genitourinarias en los mineros de mercurio.,» España, 2006.
- [46] A. G. M. García, «“DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN MINEROS ARTESANALES EN LA COMUNIDAD PUZUNO DE LA CIUDAD DEL TENA”,» Ecuador, 2016.
- [47] Clelia Rosa Calao, José Luis Marrugo, «Efectos genotóxicos asociados a metales pesados en una población humana de la región de La Mojana, Colombia,» Colombia, 2014.
- [48] Gloria Madrid, Lisy Gracia Herrera, Jose Marrugo y Ivan Urango., «GENOTOXICIDAD DE METALES PESADOS(Hg, Zn, Cu, Pb Y Cd) ASOCIADO A EXPLOTACIONES MINERAS EN POBLADORES DE LA CUENCA DEL RÍO SAN JORGE DEL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, COLOMBIA.,» Cordoba- Colombia, 2010.